

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
ОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Ф.М. ДОСТОЕВСКОГО

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Сборник материалов
IX Международной научной конференции,
посвященной 85-летию профессора В.И. Потапова

(Омск, 19 ноября 2021 г.)

© ФГБОУ ВО «ОмГУ им. Ф.М. Достоевского», 2021

ISBN 978-5-7779-2572-5



2021

Т.В. Вахний, А.К. Гуц, А.В. Овчинников

*Омский государственный университет им. Ф.М. Достоевского,
г. Омск, Россия*

ВЫПОЛНЕНИЕ ПРОСТЕЙШИХ ВЫЧИСЛЕНИЙ НА КВАНТОВОМ КОМПЬЮТЕРЕ IBM Q SYSTEM ONE

Цель доклада – предельно просто описать программирование на квантовом компьютере концерна IBM, который является одним из мировых лидеров, принимающих участие в разработке, проектировании, изготовлении квантовых компьютеров и привлекающий к своим разработкам максимально возможное количество фирм и энтузиастов со всего мира [1].

IBM Quantum Composer и IBM Quantum Lab (ранее известные под общим названием IBM Quantum Experience (см. рис. 1)) образуют онлайн-платформу, предоставляющую общедоступный и премиум-доступ к облачным услугам квантовых вычислений, предоставляемым IBM Quantum. В данном онлайн-сервисе имеется более 20 устройств (прототипов квантовых процессоров IBM, например IBMQX2, IBMQX4 и др.), шесть из которых находятся в свободном доступе для всех желающих.

Пользователи пишут программный код, используя пакет разработки программ (фреймворк) Qiskit, который представляет на языке Python квантовые схемы (рис. 2). Эти схемы изображают операции, т. е. вычисления, осуществляемые посредством облачных технологий над кубитами на реальном квантовом компьютере (или на симуляторе – выбор за пользователем). Фреймворк Qiskit сам транслирует код, написанный на Python, в команды для железа. Схемы могут быть созданы либо графически с помощью Quantum Composer, либо программно в записных книжках Jupyter в Quantum Lab.

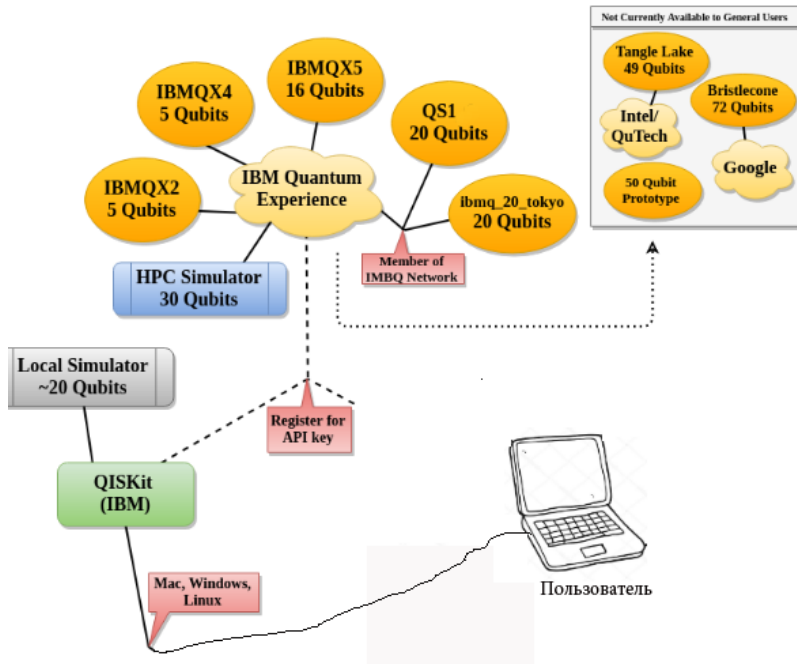


Рис. 1. Подключение пользователя к квантовому компьютеру в облаке (пунктирные линии показывают API / облачные подключения к ресурсам компании IBM, показанным в желтых «облаках») [2]

Например, выполнение последовательности операций (вентилей) X и H (вентиль Адамара), преобразующих на квантовом компьютере кубит $|0\rangle$:

$$|0\rangle \xrightarrow{X} |1\rangle \xrightarrow{H} \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle - |1\rangle) \xrightarrow{\text{измерение}} |0\rangle \text{ или } |1\rangle,$$

с последующим выводом результата (измерение) программируется в Qiskit следующим образом:

```
q = QuantumRegister(1)
c = ClassicalRegister(1)
circuit = QuantumCircuit(q, c)
# получение состояния |1> из состояния |0>
circuit.x(q[0])
# Применение оператора Адамара
circuit.h(q[0])
```

```

# Измерение состояния кубита
circuit.measure(q, c)
# Запуск операций на квантовом симуляторе
result = execute(circuit, 'local qasm simulator').result()
print(result.get_counts())

```

Предпоследняя строка говорит о том, что выбирается симулятор. Программе соответствует схема (circuit) на рис. 2.

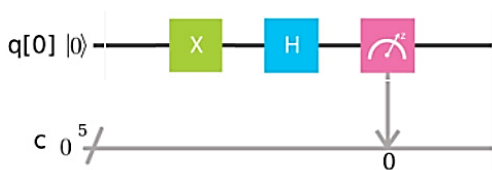


Рис. 2. Пример квантовой схемы, по которой происходит преобразование кубитов, т.е. вычисление на квантовом компьютере

При подготовке к докладу были выполнены простейшие вычисления на квантовом компьютере IBM Q System One (сокр. QS1) как с помощью графических схем на облачном сервисе IBM Quantum Composer, так и в IBM Quantum Lab с применением предназначенных для квантовых вычислений языков программирования Qiskit и OpenQASM [2–4].

Язык программирования OpenQASM позволяет описывать универсальные квантовые вычисления с использованием схемной модели, основанной на измерениях. Он является промежуточным представлением квантовых инструкций и близок к коду виртуальной машины, аналогично ассемблеру для классических компьютеров [3].

Qiskit, как было сказано, – это фреймворк, созданный с целью создания ПО для облачных квантовых вычислений. Программное обеспечение Qiskit можно установить на персональный компьютер; он предоставляет возможность разработки квантового ПО как на высоком уровне абстракции (для пользователей без опыта квантового программирования), так и на низком уровне, близком к машинному коду OpenQASM [4].

С помощью языков программирования Qiskit и OpenQASM был создан квантовый регистр из 4 кубитов и классический ре-

гистр из 4 битов, выполнено преобразование Адамара для создания запутанной пары кубитов, изменено состояния одного кубита на противоположное, проведена проверка работы вентиля Тоффи, гейтом Swar менялись местами состояния двух кубитов (0 и 1), произведен поворот кубита вокруг осей x , y и z , а также вдоль этих осей под заданным углом ($\pi/3$), были построены диаграммы вероятностей состояний системы и выполнено разрушение суперпозиции состояний кубитов.

Хоть результаты всех проделанных манипуляций с кубитами и совпадали, тем не менее проще их было выполнить с помощью языка программирования OpenQASM. Изучив языки программирования OpenQASM и Qiskit можно заметить, что на первом из них код оказывается более компактным, хотя при этом их синтаксис очень схож. Кроме того, есть несколько причин, из-за которых OpenQASM показался удобнее для выполнения квантовых вычислений:

- документацию языка программирования OpenQASM легче найти, к тому же она есть и на сайте концерна IBM, который предоставляет возможность экспериментировать с кубитами;
- синтаксис OpenQASM ближе к C-подобным языкам, которые пользуются популярностью у разработчиков по всему миру, что делает для них порог входа ниже;
- в языке программирования Qiskit необходимо в каждом методе, где используются квантовые или обычные регистры, указывать пространство имен, что усложняет чтение кода, повышает порог вхождения и делает менее удобным для изучения.

Таким образом, в данной работе была реализована уникальная возможность подключиться к реальному квантовому компьютеру и выполнить на нем квантовые вычисления. В результате проделанной работы были выявлены преимущества и недостатки примененных языков программирования Qiskit и OpenQASM. Однако окончательный выбор в пользу какого-то конкретного инструмента для выполнения квантовых вычислений каждый пользователь все-таки должен осуществлять сам, в зависимости от своих целей и предпочтений.

Литература

1. *Вахний Т.В.* Новейшие разработки в области квантовых вычислительных систем // Математическое и компьютерное моделирование: сборник материалов IV Международной научной конференции (Омск, 11 ноября 2016 г.). – Омск: Изд-во Ом. гос. ун-та, 2016. – С. 146–148.
2. *LaRose R.* Обзор и сравнение квантовых программных платформ гейтового уровня. – URL: <https://habr.com/ru/post/418505/> (дата обращения: 25.10.2021).
3. OpenQASM 3.x Live Specification. – URL: <https://qiskit.github.io/openqasm/intro.html> (дата обращения: 29.10.2021).
4. *Хидари Дж.Д.* Квантовые вычисления: прикладной подход / пер. с англ. В.А.Яроцкого. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 370 с.